جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀ سی و سوم، بهار ۱۳۹۹

صص ۱۸۸- ۱۶۹

DOI: https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.81819

مقاله پژوهشی

ارزیابی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شی‌گرا و مدل زنجیره مارکوف (مورد مطالعه: شهر بیرجند و پیرامون آن)

سعید حسین‌آبادی - استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه بزرگمهر قائنات، قائن، ایران.

ابراهیم اکبری[1] - کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

افسانه نقد بیشی - کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/٤/۱۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/٦/۱۷

چکیده

برای استفاده بهینه از زمین، آگاهی از تغییرات کاربری اراضی و نوع استفاده از آن ضروری است؛ که این امر با ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی امکان‌پذیر می‌گردد. مقاله حاضر به ارزیابی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهر بیرجند با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره‌ای در سال‌های ۱۳۷۹،۱۳۸۹ و ۱۳۹٦ و پیش‌بینی تغییرات آن‌ها تا سال ۱٤۰٤ پرداخته‌است. تحقیق حاضر به لحاظ ماهیت توصیفی- تحلیلی و از نظر هدف کاربردی است. در این نوشتار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده ETM و OLI و روش طبقه‌بندی شی‌گرا به طبقه‌بندی کاربری‌ها در بازه زمانی پرداخته‌شده‌است. در ادامه به‌منظور ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی (محدوده‌های ساخته شده، باغات و اراضی کشاورزی، اراضی بایر و مراتع) از مدل زنجیره مارکوف استفاده شده است. بر اساس مدل زنجیره مارکوف طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹٦ مساحت محدوده ساخته‌شده، کشاورزی و باغات افزایش‌یافته است و از مساحت اراضی بایر و مراتع کاسته شده است. تغییرات مساحت کاربری‌ها در سال ۱٤۰٤ نسبت به ۱۳۹٦ نیز به همین صورت است. بیش‌ترین تغییرات مربوط به کاربری محدوده ساخته‌شده است؛ به‌طوری که تا سال ۱٤۰٤ مساحت محدوده ساخته شده ۱۷/۱۳ درصد، کاربری باغات و کشاورزی ۹/۸ درصد، افزایش و در مقابل مساحت اراضی بایر ۱/۸۱ درصد و مساحت مراتع ۲/۳۲ درصد کاهش خواهد یافت.

کلیدواژه‌ها: تغییرات کاربری اراضی، طبقه‌بندی شی‌گرا، زنجیره مارکوف، بیرجند.

---

۱ نویسنده مسئول ۰۹۱۵۲٦٤۰۳۸۵ Email: E.akbari.2791@gmail.com

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین مفاهیم در برنامه‌ریزی و مدیریت زمین، اصطلاح پوشش و کاربری زمین است. اصطلاح پوشش زمین[1] و کاربری زمین[2] اغلب گیج‌کننده است. طبق تعریف فائو (۱۹۹۷ و ۱۹۹۹) و Unep(۱۹۹۹) پوشش زمین «پوشش فیزیکی و بیولوژیکی سطح زمین، به‌عنوان پوشش گیاهی و یا ویژگی‌های انسان‌ساخت است» در مقابل، کاربری زمین «مجموع تدارکات، فعالیت‌ها و ورودی‌هایی است که مردم در نوع پوشش خاص زمین انجام می‌دهند»(WWW.grida.no).

گسترش جهانی شهرنشینی باعث ایجاد انگیزه برای تبدیل فضاهای سبز و طبیعی به مناطق شهری / انسان‌ساخت شده است (باگنان، یاماگاتا[3]،۲۰۱٤). تقاضای روزافزون برای زمین و مسکن از یک طرف و محدودیت اراضی در محدوده شهرها از طرف دیگر، ساکنان را برای یافتن مکان جایگزین سکونت به مناطق پیرامونی تحت فشار قرار می-دهد. این امر با فرآیند تبدیل زمین از فضای سبز به منطقه ساخته شده همراه است و در نتیجه تبدیل و تغییر پوشش و کاربری زمین در منطقه پیرامونی شهرها به‌طور فزاینده‌ای گسترش می‌یابد (کاهیا و همکاران[4]، ۲۰۱۸). این تغییرات ممکن است در زمین‌های زراعی و باغات صورت پذیرد و یا مراتع و جنگل‌ها و دامنه‌های کم‌وبیش شیب‌دار کوه‌ها و تپه‌ها را در بربگیرد. (قادرمزی،۱۳۸۳). در تعریف تغییر کاربری زمین می‌توان آن را فرایندی دانست که طی آن فعالیت‌های انسانی چشم‌انداز طبیعی را دگرگون می‌سازد و معمولاً بر نقش عملکردی زمین برای فعالیت‌های اقتصادی اشاره دارد. تغییرات کاربری زمین اغلب غیرخطی است و مواد و روش ممکن است بازخوردهایی برای سیستم داشته باشد بر شرایط زندگی فشار وارد کند و زندگی افراد آسیب‌پذیر را تهدید نماید (پائول[5]، ۲۰۱۷).

تغییرات کاربری اراضی بر طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های محیط‌زیست و منابع طبیعی مانند کیفیت آب، منابع زمینی و هوایی، فرآیندها و توابع اکوسیستم‌ها و سیستم‌های آب‌وهوایی تأثیرگذار است (شنانی هویزه و زارعی،۱۳۹۵) برای مثال تغییر کاربری زمین، بر خواص خاک نیز تأثیر منفی می‌گذارد (اسکلو[6]،۲۰۱۸). از طرف دیگر همراه با انتشار کربن (C) در قالب دی‌اکسید کربن، منبع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای است که به تغییر آب‌وهوا منجر می‌شود (رازافیندراکاتو و همکاران[7]، ۲۰۱۸).

بنابراین درک دقیق از پویایی تغییرات شهرنشینی که موجب تغییر سطح پوشش زمین در مناطق شهری شده؛ برای مقابله با تغییرات محیطی و تسهیل پایداری ضروری است. این امر به ویژه به دلیل آن است که اکثر مناطق شهری

---

1 Land cover
2 Land use
3 Bagan& Yamagata
4 Cahya et al,2018
5 Paul
6 Escolano
7 Razafindrakoto

جهان طی سال‌های متمادی تغییرات قابل توجهی در پوشش زمین را تجربه کرده‌اند. علاوه بر این، این مناطق شهری بیشتر انرژی جهانی را مصرف می‌کنند و باعث ایجاد مشکلات جدی زیست‌محیطی و تخریب اکوسیستم‌ها از طریق آلودگی هوا، آب و زمین می‌شوند (پاترا و همکاران[1]، ۲۰۱۸)

در همین راستا تشخیص به‌موقع و دقیق این نوع تغییرات، پایه و اساس درک بهتر روابط و تعاملات میان انسان و پدیده‌های طبیعی است و درنتیجه مدیریت بهتر و استفاده مناسب‌تر از منابع طبیعی را فراهم می‌کند. (شنانی هویزه و زارعی،۱۳۹۵)؛ بنابراین یکی از مخاطرات محیطی و بحران‌های اکولوژیکی که امروزه جهان با آن روبرو است پدیده تغییر کاربری اراضی است. (موسوی و همکاران،۱۳۹۵) و به دلیل پیامدهای گسترده تغییر کاربری زمین، آینده برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری بیشتر تحت تسلط زمینه‌های پایداری محیطی خواهد بود تا رفاه اقتصادی (استارک و همکاران[2]، ۲۰۱۸). با توجه به اهمیت فرایند تغییر کاربری اراضی، نیاز به برآورد نرخ و میزان تغییرات کاربری / پوشش اراضی در منطقه و محرک‌های اصلی این تغییرات ضروری است. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک‌های سنجش‌ازدور ابزارهای مؤثری در مطالعه و نظارت بر تغییر کاربری اراضی / پوشش سطح زمین در فضا و زمان ارائه می‌دهند (آدائه و اوپلت[3]، ۲۰۱۹). به‌طورکلی طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای به جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و تقسیم‌بندی طبقاتی آن‌ها که دارای رفتار طیفی یکسانی است، گفته می‌شود. به‌عبارتی‌دیگر طبقه‌بندی پیکسل‌های تشکیل‌دهنده تصاویر، اختصاص دادن یا معرفی کردن هر یک از پیکسل‌ها به کلاس یا پدیده خاصی را بیان می‌کند. (علوی پناه،۱۳۸٤) و یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای استخراج اطلاعات کاربردی محسوب می‌شود و با استفاده از دو روش امکان‌پذیر است. روش پیکسل پایه که مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی تصاویر است و روش جدید شیءگرا که علاوه بر ارزش‌های عددی از اطلاعات مربوط به محتوا و بافت و زمینه نیز در فرایند طبقه‌بندی تصاویر استفاده می‌نماید (فیضی زاده و حاجی میر رحیمی،۱۳۸۷)

به عبارت دیگر طبقه‌بندی پیکسل پایه، جداسازی پدیده‌ها براساس بازتاب امواج الکترومغناطیس یا ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها صورت می‌گیرد. در این طبقه‌بندی پدیده‌های دارای ارزش عددی یکسان در یک گروه قرار می‌گیرند و طبقه‌بندی بر اساس ارزش عددی پیکسل‌هاست اما در طبقه‌بندی شی‌گرا علاوه بر ویژگی‌های طیفی، ویژگی‌های هندسی پدیده‌ها نیز مدنظر قرار می‌گیرد (غفاری و همکاران:۱۳۹۷). پس از فرایند طبقه‌بندی، هر یک از اشیاء تصویری به یکی (یا هیچ‌کدام) از کلاس‌ها اختصاص می‌یابند (فیضی زاده و حاجی میر رحیمی،۱۳۸۷). سگمنت یا اشیا به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت)

1 Patraa et al
2 Stürck, et al
3 Addae&Oppelt

مهم‌ترین معیار مشترک آن‌هاست. (فیضی زاده و همکاران،۱۳۸۷) ازجمله تحقیقات انجام‌گرفته در این زمینه پردازش شیءگرا می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

در این زمینه پژوهش‌های متعددی انجام‌شده است .دکلی[1] و همکاران (۲۰۰۶) نیز برای بررسی تغییرات جنگل از روش شیءگرا با استفاده از تصویر چند زمانه اسپات در بازه زمانی ۱۰ ساله استفاده کردند. در این روش، تقسیم‌بندی با استفاده از روش ادغام منطقه، اشیاء چندگانه‌ای را بررسی می‌کند که با تفاوت‌های بازتابی و آماری آن‌ها مشخص می‌شود. اشیا ای که در طول زمان به‌عنوان اشتباه مشخص می‌شوند (مقادیر غیرطبیعی یا همان مقادیر تفاوت‌های بازتابی)، به‌وسیله یک روش آماری به‌عنوان‌مثال بر اساس آزمون فرضیه کای مربع، شناسایی‌شده و به‌عنوان تغییر نام‌گذاری می‌شوند (دکلی و همکاران، ۲۰۰۶)

ایم[2] و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند تجزیه‌وتحلیل همبستگی تصویر بر اساس این واقعیت است که مقادیر روشنایی هر شیء از منطقه جغرافیایی بین داده‌های دو زمان، هنگامی‌که تغییرات کم رخ می‌دهد و زمان نیز تغییر می‌کند تمایل به همبستگی بسیار زیاد دارد. پنج روش مختلف برای تشخیص تغییرات وجود دارد که شامل (۱) طبقه‌بندی تغییرات مبتنی بر شیء شامل تصاویر مربوط به همبستگی شیء[3](OCI)، (۲) طبقه‌بندی تغییرات شیء با استفاده از روابط همسایگی بین تصاویر (NCI)[4]، (۳) طبقه‌بندی تغییرات شیء بدون ویژگی‌های متنی، (٤) دسته‌بندی تغییر پیکسل و NCI ها و (۵) طبقه‌بندی تغییرات مرسوم در هر پیکسل با استفاده از داده‌های تصویر دو زمان است. نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد رویکرد مبتنی بر شیءگرا می‌تواند با تجزیه‌وتحلیل در پیکسل در مقایسه با بقیه طبقه‌بندی‌های تغییرات بهتر عمل کند (ایم و همکاران، ۲۰۰۸).

ژو[5]و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از دو روش طبقه‌بندی مبتنی بر پیکسل و طبقه‌بندی شیءگرا تغییرات در پوشش زمین و تغییر در مناطق شهری برای تصمیم‌گیری در زمینه مدیریت شهری، نظارت بر اکوسیستم و برنامه‌ریزی شهری استفاده کردند. در این بررسی طبقه‌بندی شیءگرا بر اساس طبقه‌بندی تصاویر چند زمانه حوضه آبخیز گوانز فالز (مریلند، ایالات‌متحده امریکا)[6]از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰٤ برای تشخیص تغییرات زمین مورداستفاده قرار گرفت. مقایسه پس از طبقه‌بندی نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل ما نشان داد که طبقه‌بندی شیءگرا ابزار بهتری برای تشخیص تغییرات از روش مبتنی بر پیکسل فراهم می‌کند دقت کلی نقشه تغییرات تولیدشده توسط روش مبتنی بر شیء ۹۰٪ بود، (ضریب کاپا ۰٫۸۵٤)، درحالی‌که دقت کلی و ضریب کاپا آن با روش مبتنی بر پیکسل به ترتیب ۸۱٫۳٪ و ۰٫۷۱۲ بود (ژو و همکاران،۲۰۰۸).

---

1 Desclée
2 IM
3 Object Correlation Images (OCIs)
4 Neighbourhood Norrelation Images (NCIs)
5 Zhou
6 Gwynns Falls watershed (Maryland, USA)

بلاشک[1] (۲۰۱۰) تحقیق با تأکید بر تجزیه‌وتحلیل پیکسل و یا حتی تجزیه‌وتحلیل زیر پیکسل برای مسیرهای جایگزین را دنبال کرده است، که هدف آن‌ها ایجاد اشیا ساخته‌شده از چند پیکسل است. این بررسی خلاصه‌ای از توسعه شیوه‌های مبتنی بر شیء را ارائه می‌دهد که هدف آن راحتی اشیا قابل‌استفاده از تصاویر است درحالی‌که درعین‌حال ترکیب تصویر پردازش‌شده و قابلیت‌های GIS به‌منظور استفاده از اطلاعات طیفی و متنی در یکپارچه‌سازی مسیر را نیز فراهم می‌کند. رایج‌ترین روش برای ساخت اشیا، تقسیم‌بندی تصویر است و به‌طورکلی نتایج این بررسی نشان می‌دهد الگوهای مبتنی پیکسل شروع به نشان دادن اشکالات و روش‌های OBIA در حال پیشرفت قابل‌توجهی درزمینه استخراج اطلاعات مکانی صریح هستند (بلاشک، ۲۰۱۰).

درناوا[2] و همکاران (۲۰۱۱) از تجزیه‌وتحلیل مبتنی بر شی‌گرا برای تشخیص تغییر انواع پوشش‌های عمده تالاب و طبقه‌بندی عدم قطعیت آن‌ها در طول دوره آب کم در دریاچه پویانگ[3]، چین استفاده کردند. کلاس‌های اولیه آب، ماسه مرطوب[4]، گیاه و ماسه بر اساس حداکثر مقدار عضویت طبقه‌بندی‌شده‌اند. دقت طبقه‌بندی فازی به‌عنوان فرکانس‌های مطابقت بین طبقه‌بندی‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد مقدار آستانه فازی در نوامبر ۲۰۰۷ برای ماسه مرطوب نسبت به کلاس‌های دیگر در همه صحنه‌ها همواره بالاتر است کلاس گیاه به‌طور عمده از نوامبر ۲۰۰۷ تا فوریه ۲۰۰۸ کاهش یافت و تنها در ماه فوریه–مارس ۲۰۰۸ قابل‌ملاحظه است و احتمالاً منعکس‌کننده شرایط فصل رشد ونشان‌دهنده افزایش مقدار بخارآب موجود در هوا در طول دوره مطالعه است که این امر منجر به بارش و رویدادهای هیدرولوژیکی می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند برای هدایت نمونه‌برداری از کلاس‌ها و تجزیه‌وتحلیل منظر از بالا به پایین در این تالاب استفاده شود (درناوا و همکاران[5]، ۲۰۱۱).

چن[6] و همکاران (۲۰۱۲) ظهور تصاویر سنجش‌ازدور با وضوح‌بالا در فضاهای مختلف، فرصت‌هایی را برای تحلیل تغییر با تحلیل تصویر مبتنی بر شیء (OBIA[7]) فراهم می‌کند، به‌عبارت‌دیگر، تشخیص تغییرات مبتنی بر شیء (OBCD[8]) است. در مقایسه با الگوهای تغییر مبتنی بر پیکسل سنتی، تغییرات مبتنی بر شیء توانایی بهبود شناسایی را دارد به‌طورکلی این مقاله به دنبال انگیزه‌های استفاده از تغییرات مبتنی بر شیء نسبت به روش‌های مبتنی بر پیکسل است؛ و به‌طور خاص، تغییرات مبتنی بر شیء روش بهره‌برداری از تصاویر با وضوح‌بالا فضایی و روش‌های منحصربه‌فرد ارائه می‌دهد (چن و همکاران،۲۰۱۲).

---

1 Blaschke
2 Dronova
3 Poyang
4 mudflat
5 Dronova
6 Chen
7 Object Based Image Analysis
8 Object based Change Detection

راویندر و کاشیک (۲۰۱٤) در مقاله‌ای با استفاده از تکنیک‌های GIS تغییرات در الگوی کاربری اراضی شهری در شهر کیتال هندوستان را طی یک دوره ۳٦ ساله مورد بررسی قرار داده‌اند. از داده‌ها و نقشه‌های چند منبع برای دستیابی به اهداف استفاده شد. نتایج تحقیق حاکی از آن است که عوامل بالقوه باعث رشد فیزیکی و تغییر در شهر، طی دوره‌های زمانی مختلف می‌شوند. این مطالعه نشان می‌دهد که در طی سال‌های ۱۹۷٤–۱۹۹۰ مساحت شهر به‌طور قابل توجهی افزایش نیافته است، در حالی که روند پیشرفت شهری با افزایش درجه‌بندی اداری این شهر پس از سال ۱۹۹۰ افزایش یافته است. تأثیر قابل توجه تغییرات کاربری زمین باعث از دست رفتن زمین‌های غنی کشاورزی و آبهای طبیعی شده است (راویدنر و کاشیک،۲۰۱٤).

یو[1] و همکاران (۲۰۱٦) اطلاعات دقیق در مورد کاربری زمین و پوشش زمین (LULC[2]) برای نظارت بر اکوسیستم و مطالعات تغییر آب‌وهوا بسیار مهم است. بیشتر روش‌های به‌روزرسانی برای طبقه‌بندی LULC و تجزیه‌وتحلیل تغییرات، بر اساس پیکسل‌ها هستند در این بررسی یک رویکرد جدید مبتنی بر شیء ارائه داده شد که به‌روزرسانی را با روش شیء‌گرا مرتبط می‌کند. رویکرد جدید با استفاده از داده‌های TM لندست در سال ۲۰۰۱ و سال ۲۰۰۹ در منطقه شهری پکن[3] طراحی شد و نتایج آن نشان داد به‌روزرسانی که مبتنی بر روش شیء به‌دست‌آمده است دقت بالاتری برای تشخیص تغییر، طبقه‌بندی LULC و تجزیه‌وتحلیل تغییرات نسبت به روش مبتنی بر پیکسل دارد (یو و همکاران، ۲۰۱).

آیتال و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله خود اجرای روش یکپارچه LU کاربری زمین، پویایی دمای سطح زمین و الگوبرداری شهری برای چهار شهر اصلی پیشنهاد شده است: دهلی، بمبئی، کلکاتا و حیدرآباد از میان چهار شهر، دهلی، پایتخت هند، تغییرات عظیمی در زمینه افزایش سطح آسفالت از ۲۱٫٦۳٪ در سال ۲۰۰۳ به ۳۱٫٥٦٪ در سال ۲۰۱۷ با میانگین افزایش دمای سطح مربوط به ۲۵٫۹۳ درجه سانتیگراد و ۳٦٫٥۱ درجه سانتیگراد نشان داده است و یکی از بدترین شهرها در این رابطه قلمداد می‌شود. پیش بینی LU نشان می‌دهد که امکان جهش ناگهانی و بدون برنامه در حاشیه شهر وجود دارد که مانع از توسعه امکانات اساسی افزایش عدم آسایش حرارتی در بین ساکنان می‌شود. این امر از طریق تجزیه و تحلیل دمای سطح زمین در رابطه با تغییر کاربری اراضی درک شده است، که نشانگر لزوم اجرای استراتژی‌های توسعه پایدار برای جلوگیری از سناریوی معمول تجارت (آیتال و همکاران[4]، ۲۰۱۹).

در تحقیقات داخلی نیز به نمونه‌های متعددی از بررسی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با GIS و سنجش از دور وجود دارد که در ذیل فقط به مواردی که از روش طبقه بندی شی گرا که در این تحقیق نیز از آن استفاده شده، پرداخته می‌شود.

---

1 Yu
2 Land Use Land Change
3 Beijing
4 H. Aithal

خلاقی (۱۳۸۵) با استفاده از تصاویر TM و ETM+ لندست و بهره‌گیری از روش‌های طبقه‌بندی شیءگرا و پیکسل پایه نقشه آشکارسازی تغییرات ساحل دریای خزر را تهیه نمود. فیضی زاده و حاجی میر رحیمی (۱۳۸٦) از تصاویر TM لندست و HDR ماهواره اسپات استفاده نموده و تغییرات فضای سبز شهر تبریز را با استفاده از روش طبقه‌بندی شیءگرا موردمطالعه قراردادند. بر اساس تحقیق این مشخص شد که بیش از ٤٦ درصد فضای سبز شهر تبریز در یک دوره زمانی ١٦ ساله تخریب‌شده است.

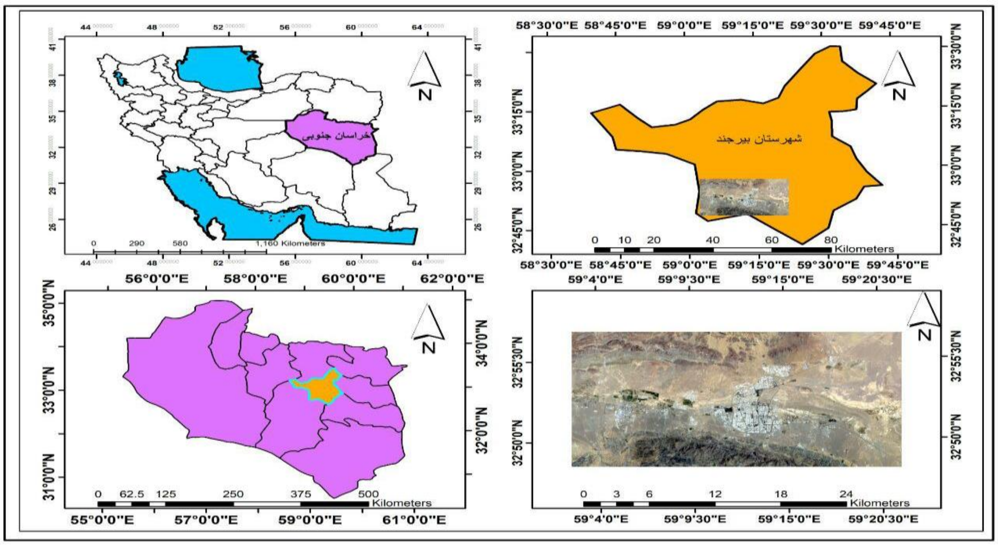
محرمی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و تکنیک‌های شیءگرای پردازش تصاویر ماهواره‌ای به تاثیرات پس‌روی دریاچه ارومیه بر روستاهای ساحل شرقی دریاچه ارومیه بین سال‌های ۱۹۸٤ تا ۲۰۱۵ پرداختند جهت پردازش تصاویر ماهواره‌ای از روش‌های شیءگرا استفاده‌شده و کاربری‌های موردنظر استخراج گردیدند. در ادامه نیز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف به پیش‌بینی وضعیت آتی در منطقه پرداخته‌شده است. نتایج نشان‌دهنده افزایش سطح باغات، نمک‌های مرطوب، پهنه‌های گلی-نمکی (خاک‌های نمکی)، اراضی کشاورزی، نمک‌های جدید و کاهش مساحت دریاچه ارومیه در بازه موردمطالعه است. ارخی (۱۳۹٤) با استفاده از تصاویر آشکارسازی تغییرات پوشش کاربری اراضی منطقه آبدانان در طی دوره زمانی ۲۵ ساله استفاده نموده است. بدین منظور از روش طبقه‌بندی شیءگرا جهت طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر مربوط به سال‌های ۱۳٦٤،۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ برای پایش تغییرات استفاده گردیده است.

غفاری و همکاران (۱۳۹۷) نیز به مقایسه روشهای طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی‌گرا در دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف آباد و چادگان و بررسی تغییر کاربری اراضی در طول دوره آماری با استفاده از تصاویر لندست (TM 1985) و (OLI (2015 پرداخته‌اند. طبقه‌بندی کاربری اراضی شامل قطعه‌بندی داده‌های تصویری با استفاده از الگوریتم قطعه‌بندی چندمقیاسه در محیط نرم‌افزار eCognition انجام شده است. سپس این قطعات انتخاب‌شده و با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه شی‌گرا طبقه بندی شدند. طبقه‌بندی پیکسل پایه نظارت شده شامل انتخاب نمونه‌های تعلیمی با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام شد. ارزیابی صحت در هر دو روش انجام شد. نتایج نشان داد که طبقه‌بندی شی‌گرا با صحت کلی بالای ۹۰ درصد نسبت به طبقه‌بندی پیکسل پایه از دقت بالاتری برخوردار است. نقشه‌های کاربری اراضی نشان داد به ترتیب در دشت‌های اصفهان- برخوار، نجف آباد و چادگان مساحت کاربری مسکونی برابر با ۲,۰۹، ۹,٦٦، ۳,۷٤ درصد افزایش و کاربری مرتعی برابر با ۷,٤۸، ۱۰,۹٤ و ۱۷,۷۳ درصد کاهش در طول دوره موردمطالعه داشته‌اند. همچنین در دشت چادگان سطح اراضی زراعی و تحت آیش به ترتیب به میزان ۸,۳۱ و ٥,٦٤ درصد افزایش داشته‌اند. در این تحقیق نیز سعی شده است تغییر کاربری اراضی شهر بیرجند با استفاده از دو مدل طبقه‌بندی شی گرا و مدل زنجیره مارکوف بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹٦ مورد تحلیل قرار گیرد و روند آن برای آینده پیش‌بینی گردد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

بیرجند شهری در شرق ایران و مرکز شهرستان بیرجند است. این شهر در ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱٤۷۰ متری از سطح دریا قرارگرفته است. جمعیت این شهر از ۸۱۷۸۹ نفر در سال ۱۳٦۵ به حدود ۲۰۳٦۳٦ نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است. در واقع جمعیت این شهر در این دوره ۳۰ ساله (۱۳٦۵ تا ۱۳۹۵) حدود ۲/۵ برابر شده است. این آمار و ارقام گویای رشد قابل توجه جمعیتی ایـن شـهر است.



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه. منبع: نگارندگان

۲-۲- روش‌ها

در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ استفاده شده است که به شـرح جدول شماره ۱ است. پس‌ازآنجام تصحیح رادیو متریک و هندسی برای کاهش خطاها بر روی تصـاویر، محـدوده موردمطالعه را توسط نرم‌افزار ArcGIS از تصاویر اصلی جدا شد.

جدول ۱- تصاویر مورداستفاده

ماهواره	سنجنده	زمان تصویربرداری
لندست ۷	ETM	1379/6/13 (2000)
لندست ۷	ETM	1389/5/24(2010)
لندست ۸	OLI	1396/6/17(2017)

منبع: نگارندگان

برای طبقه‌بندی تصاویر در این پژوهش، از روش شی‌گرا استفاده گردید؛ به دلیل اینکه روش مذکور علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات دیگر پیکسل‌ها (اندازه، شکل، بافت و ...) برای طبقه‌بندی استفاده می‌کند. تصاویر برش خورده برای انجام طبقه‌بندی وارد نرم‌افزار Ecogonation شده است. سگمنت‌سازی مهم‌ترین مرحله در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در Ecogonation است، شیءهای تصویر بر اساس پارامترهایی مانند مقیاس، شکل شیء موردنظر، رنگ، ضریب فشردگی شکل که توسط مفسر تعیین می‌شود ایجاد می‌شوند. در این بررسی برای ساخت سگمنت، پارامتر مقیاس ۱۰، پارامتر رنگ ۰/۸ و فشردگی ۰/۱ و شکل ۰/٤ در نظر گرفته‌شده است. برای افزایش دقت کلاس‌های طبقه‌بندی برای هر کلاس زیر کلاس‌های دیگری که در انتها با طبقات اصلی ادغام شدند نیز ایجاد شد. نتیجه نهایی سگمنت سازی ٤ کلاس کلی شامل اراضی بایر، مرتع، پوشش گیاهی و محدوده ساخته‌شده است. در این تحقیق تصاویر به ترتیب سال آن‌ها مورد طبقه‌بندی قرار گرفتند که نتایج این طبقه‌بندی‌ها در شکل‌های ٤ تا ٦ نشان داده‌شده است. پس از طبقه‌بندی تصویر برای ارزیابی دقت روش انجام‌شده، ماتریس خطا[1] ایجاد و دقت کلی محاسبه شد. دقت کلی، میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت شی‌های صحیح طبقه‌بندی‌شده به جمع کل شی‌های مرجع را نشان می‌دهد. در این پژوهش، نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی با دقت کلی بیش از ۸۰ درصد و ضریب کاپای بالاتر از ۰/۸۵ توسط ماتریس خطا محاسبه گردید. این مقادیر نشان می‌دهد طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری زمین با یکدیگر توافق خوبی دارند. جدول ۲ ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

سال	تصویر	شاخص کاپا	دقت کلی
۲۰۰۰	ETM	۰/۸۸	۹۰/٥٤
۲۰۱۰	ETM	۰/۸۹	۹۲/٤٦
۲۰۱۷	OLI	۰/۸۷	۸۹/٦٥

منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای

همچنین از مدل زنجیره مارکوف نیز برای پیش بینی تغییرات آتی استفاده شده است. زنجیره مارکوف یک روش ریاضی و احتمالاتی است. درواقع مدل زنجیره‌ای مارکوف به‌صورت یک فرایند تصادفی عمل می‌کند که در آن وضعیت آینده یک پیکسل تنها به وضعیت قبلی آن بستگی دارد و بر اساس آن پیش‌بینی می‌شود. نتیجه مستقیم حاصل از این مدل، ماتریس احتمال انتقال است؛ اما در این مدل هیچ درک جغرافیایی به دست نمی‌آید و در پایان به مدل‌سازی نقشه واحدی که نشان‌دهنده توزیع مکانی کلاس‌ها باشد، تولید نمی‌گردد. برای رفع این مشکل در دهه ۱۹۵۰ مدل

1 Error Matrix

CA مارکوف توسط جان وان نیومن برای اضافه‌کردن مشخصه مکانی به مدل مارکوف طراحی شد (فن و همکاران[1]،۲۰۰۸).

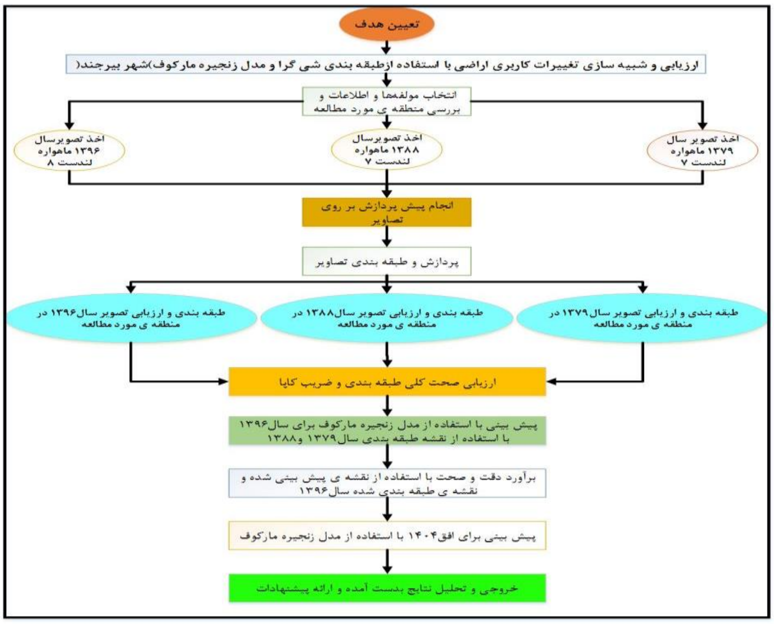
پیش‌بینی در مدل مارکوف با استفاده از رابطهٔ ۳ محاسبه می‌شود. (فن و همکاران،۲۰۰۸).

رابطه (۳) $S(t+1)=Pij*s(t)$

در این رابطه؛ $s(t)$، $S(t+1)$حالت‌های سیستم در زمان t و t+1 هستند و pij ماتریس احتمال انتقال در یک حالت است که از طریق رابطهٔ ٤ محاسبه می‌شود.

رابطه(٤)

$$p_{ij}=\begin{matrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{matrix}$$



شکل ۲- فلوچارت مراحل تحقیق منبع: نگارندگان

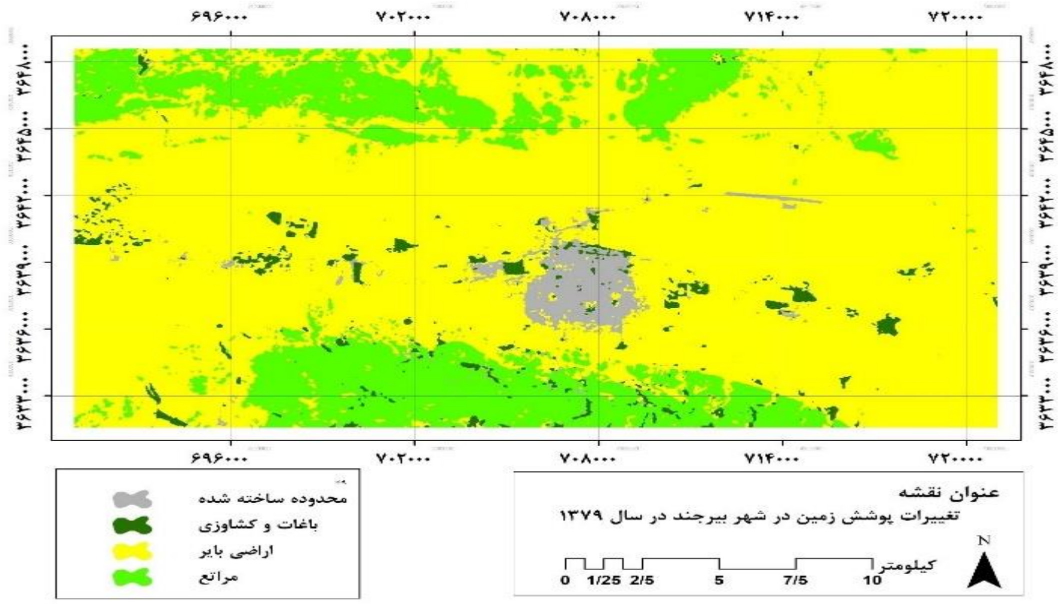
۳- نتایج و بحث

هدف پژوهش حاضر بررسی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی شهر بیرجند و پیرامون آن در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹٦ و شبیه سازی روند تغییرات کاربری را تا سال ۱٤۰٤ با استفاده از روش زنجیره مارکوف است. در همین راستا،

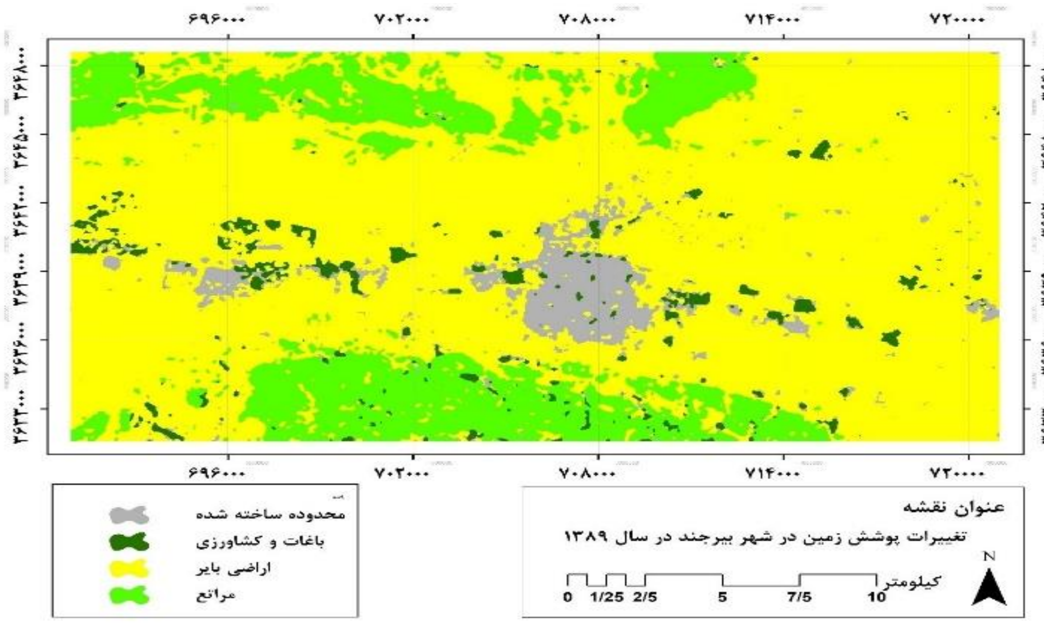
1 Fan et al

شکل شماره ۳ تا ۵ تغییرات پوشش زمین شامل کاربری‌های باغات، زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته‌شده، اراضی بایر و مراتع شهر بیرجند را به ترتیب برای سال‌های ۱۳۷۹،۱۳۸۹ و ۱۳۹٦ نشان می‌دهند.

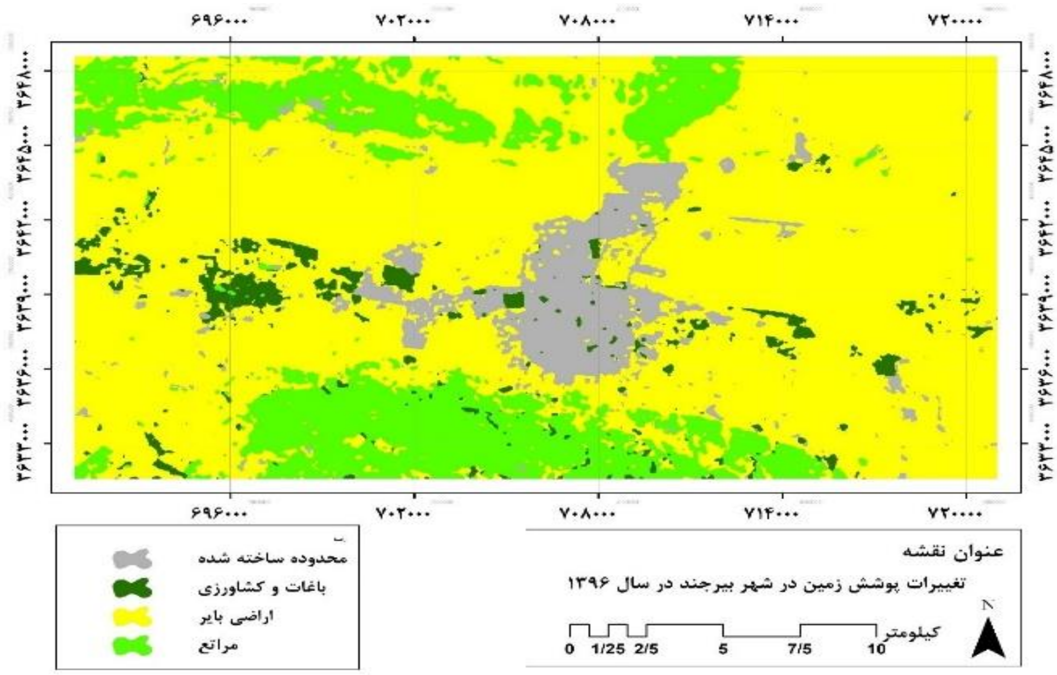
همانطور که در نقشه‌ها قابل مشاهده است؛ سال ۱۳۸۹ نسبت به سال ۱۳۷۹ محدوده‌های ساخته‌شده به صورت ناپیوسته به سمت شمال و شمال شرق و همچنین به سمت غرب و تا حدی نیز به سمت شرق کشیده شده است که بیانگر پیروی رشد فیزیکی شهر از الگوی پراکنده‌رویی (اسپرال) در این دوره است. مقایسه شکل (٥) با شکل (٤) نشان می‌دهد که رشد فیزیکی شهر بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹٦ در جهات فوق الذکر ادامه یافته و شکل پیوسته‌تری به خود گرفته است. مخصوصاً جهت شمال و شمال شرق برتری نسبی نسبت به جهات دیگر توسعه فیزیکی دارد. مخصوصاً در دوره دوم (۱۳۸۹ تا ۱۳۹٦) رشد ساخت و ساز شهری نسبت به دوره اول مورد نظر بیشتر می‌باشد. همچنین با نگاهی اجمالی به نقشه‌ها دریافته می‌شود که بیشتر ساخت و ساز شهری بر روی اراضی بایر صورت پذیرفته است.



شکل ۳- تغییرات پوشش زمین در سال ۱۳۷۹ منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای



شکل ٤- تغییرات پوشش زمین در سال ۱۳۸۹ منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای



شکل ٥- تغییرات پوشش زمین در سال ۱۳۹٦ منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای

۳-۱- تغییر مساحت کاربری‌های محدوده مورد مطالعه (۱۳۷۹ تا ۱۳۹٦)

کل مساحت محدوده موردمطالعه در این تحقیق حدود ۵۱۱۸۳ هکتار است. برای سهولت بررسی، در جدول شماره ۳ به جای مساحت هر کاربری، سهم آن کاربری از کل مساحت محدوده، درج شده است. همچنین نرخ سالیانه تغییر مساحت کاربری‌ها با استفاده از روش رشد نمایی محاسبه گردید.

بر این اساس بیشترین سهم کاربری‌ها از کل محدوده مربوط به اراضی بایر و کمترین مربوط به باغات و کشاورزی است. روند تغییرات به‌گونه‌ای بوده است که از سهم کاربری بایر و مراتع کاسته شده است. به‌طوری که در دوره ۱۷ ساله مورد مطالعه به‌طور سالانه ۰/٤۸ درصد از مساحت مراتع و ۰/۳۸ درصد از اراضی بایر کاسته شده است. در مقابل بیشترین افزایش مربوط به کاربری محدوده ساخته شده است به‌طوری که سالانه ٦/۱۲ درصد به این کاربری افزوده شده است. باغات و زمین‌های کشاورزی نیز با نرخ رشد ۲/٦۱ درصد در سال، افزایش مساحت داشته‌اند.

جدول ۳- مساحت هر کاربری در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹٦(برحسب مترمربع)

ردیف	پوشش زمین	سهم کاربری از کل محدوده مورد مطالعه (درصد)			نرخ تغییر سالانه (۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹	نرخ تغییر سالانه (۱۳۸۹ تا ۱۳۹٦)	نرخ تغییر سالانه کل دوره (۱۳۷۹ تا ۱۳۹٦)
		۱۳۷۹	۱۳۸۹	۱۳۹٦			
۱	محدوده ساخته‌شده	۲/۸۸	۵/۱۱	۷/۹۲	۵/۸۸	٦/٤۳	٦/۱۲
۲	باغات و کشاورزی	۲/۲۱	۲/٦۹	۳/٤۳	۱/۹۸	۳/٤۹	۲/٦۱
۳	اراضی بایر	۷۵/۷۹	۷٤/۱۳	۷۱/۰٤	−۰/۲۲	−۰/٦	−۰/۳۸
٤	مراتع	۱۹/۱۱	۱۸/۰۷	۱۷/٦۱	−۰/۵٦	−۰/۳٦	−۰/٤۸
	جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	−	−	−

منبع: محاسبات نگارندگان بر اساس داده‌های تصاویر ماهواره‌ای

۳-۲- ماتریس‌های تبدیل وضعیت

ماتریس تبدیل وضع روشی برای نشان دادن روند تبدیل هر طبقه کاربری به طبقات دیگر در یک دوره زمانی خاص است.

در این پژوهش داده‌های خام اولیه مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای، برای گویایی بهتر بحث، تبدیل به شاخص‌های دیگری شده است. از جمله اینکه در داده‌های اولیه ماتریس، اعداد به صورت نسبت (بین صفر تا ۱) بوده که برای وضوح بهتر به درصد تبدیل شد. در محور عمودی (ستون‌ها) کاربری اولیه (وضعیت کاربری در آغاز دوره) و در محور افقی (سطرها)، کاربری ثانویه (وضعیت کاربری در پایان دوره) ذکر شده است. در محل تقاطع دو کاربری،

عددی به صورت درصد است که بیانگر نسبت وقوع آن حالت به مجموع حالت‌های مختلف (تغییر و عدم تغییر) اتفاق افتاده بین تمام کاربری‌هاست. در واقع با دو حالت مختلف روبرو هستیم. اول: ثبات کاربری‌ها (عدم تغییر) دوم: تبدیل یک کاربری به کاربری دیگر. در حالت دوم یک کاربری به کاربری دیگر تغییر می‌کند که خروج از یک حالت (کاربری) و ورود به حالت دیگر (کاربری دیگر) اتفاق می‌افتد. در این جدول مجموع ورودی‌ها و خروجی‌های کاربری‌ها نشان داده شده است. همچنین سهم ورودی هر کاربری (از طریق تبدیل کاربری‌های دیگر) از طریق تقسیم نمودن میزان ورودی آن کاربری به کل تغییر کاربری‌ها محاسبه شده است. نسبت خروجی نیز حاصل تقسیم خروجی یک کاربری به کل تغییرات به صورت درصد است.

در جدول شماره ٤ ماتریس تبدیل وضعیت پوشش زمین بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، تغییر پوشش/کاربری زمین ۸/۸٦ درصد می‌باشد. از کل تغییرات حدود ۱ درصد مربوط به اراضی بایر، ۳۱/۸۳ درصد مربوط به مراتع، ۸/۹ درصد متعلق به اراضی کشاورزی و باغات و کمترین سهم تغییرات (٦,۹ درصد) مربوط به محدوده ساخته شده است.

محصول نهایی اکثر تبدیل کاربری‌ها اراضی بایر است. به‌طوری که در ۷۷/۳۵ تغییر کاربری‌ها، اراضی بایر شکل گرفته است. ۲/۷۸ درصد تبدیل کاربری‌ها به سکونتگاه‌های انسانی (بافت‌های شهری و روستایی) ختم می‌شود. منبع عمده شکل‌گیری کاربری ساخته شده، اراضی بایر می‌باشد.

بیش‌ترین رقم تبدیل یک کاربری به کاربری دیگر، از مرتع به اراضی بایر بوده است (۲/۷۵ درصد). این مطلب تا حدودی بیانگر بیابان‌زایی و تخریب مراتع منطقه است.

جدول ٤- ماتریس احتمال انتقال وضعیت کاربری‌های محدوده مورد مطالعه در دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹

		کاربری اولیه (۱۳۷۹)				نسبت ورودی کاربری به کل حالات	نسبت ورودی کاربری به کل ورودی‌ها
		محدوده ساخته‌شده	باغات و کشاورزی	اراضی بایر	مراتع		
کاربری ثانویه (۱۳۸۹)	محدوده ساخته‌شده	۲/۵۳	۰/۲٦	۲/٤۵	۰/۰۵	۲/۷۱	۲/۷۸
	باغات و کشاورزی	۰/۱	۱/٤۲	۱/۱۱	۰/۰۷	۱/۲۸	۱/۵٦
	اراضی بایر	۰/۳۹	۰/٤	۷۰/۵	۲/۷۵	۳/۵٤	۷۷/۳۵
	مراتع	۰	۰/۱۳	۱/۱۵	۱٦/۷	۱/۳۳	۱۸/۳۲
	تغییر کاربری (خروجی)	۰/۵٤	۰/۷۹	٤/۷۱	۲/۸۲	۸/۸٦	–
	ثبات کاربری	۲/۵۳	۱/٤۲	۷۰/۵	۱٦/۷	۹۱/۱۵	–
	نسبت خروجی کاربری به کل خروجی‌ها	٦/۰۹	۸/۹۲	۵۳/۱٦	۳۱/۸۳	–	۱۰۰

محاسبات نگارندگان بر اساس داده‌های تصاویر ماهواره‌ای

با توجـه بـه خروجی‌هـای جـدول (۵) مشـخص گردیـد کـه بـین سـال‌های ۱۳۸۹ تـا ۱۳۹٦ احتمـال تغییـر پوشش/کاربری زمین در کل ۱۲/٥٤ درصد می‌باشد. از کل تغییرات حدود ۵۷/۱۸ درصد مربوط بـه اراضـی بـایر، ۱۷/۷ درصد مربوط به مراتع، ۱۷/۳ درصد متعلق به محدوده ساخته شده می‌باشد و کمترین سـهم تغییـرات (۷/۸ درصد) مربوط به تغییر اراضی کشاورزی و باغات صورت گرفته است.

همچنین ۳٦/٦۸ درصد تبدیل کاربری‌ها به ساخت محیط ساخته شده (شهری و روستایی) ختم می‌شـود. منبـع عمده شکل‌گیری کاربری ساخته شده، اراضی بایر می‌باشد.

ضمن اینکه ۳۵/٦۵ درصد تغییرات کاربری‌ها به شکل‌گیری اراضی بایر ختم شده که متأسفانه منبع عمده چنـین تغییری، مراتع است و ازاین‌رو نیاز است که حفاظت بیشتری برای حفظ مراتع اطراف شهر بیرجند صورت گیرد.

جدول ٥- ماتریس احتمال انتقال وضعیت بین کاربری‌ها در دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹٦

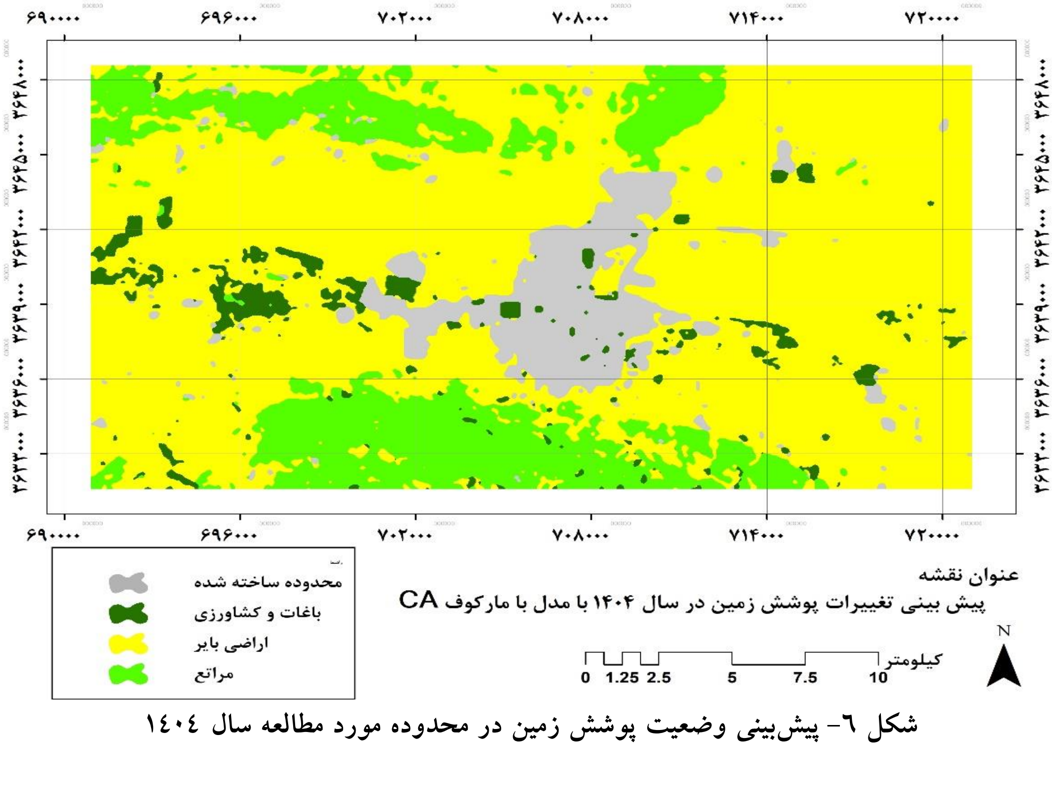
		کاربری اولیه (۱۳۸۹)				شکل‌گیری کاربری ثانویه از کاربری دیگر (درصد)*	نسبت ورودی کاربری به کل تغییرات)
		محدوده ساخته‌شده	باغات و کشاورزی	اراضی بایر	مراتع		
کاربری ثانویه (۱۳۹٦)	محدوده ساخته‌شده	۳/۳۲	۰/۰۵	٤/٤٦	۰/۰۹	٤/٦	۳٦/٦۸
	باغات و کشاورزی	۰/٥٤	۱/۷	۱/۱	۰/۰۷	۱/۷۱	۱۳/٦٤
	اراضی بایر	۱/٥۷	۰/۸٤	٦٦/٥۹	۲/۰٦	٤/٤۷	۳٥/٦٥
	مراتع	۰/۰٦	۰/۰۹	۱/٦۱	۱٥/۸٥	۱/۷٦	۱٤/۰٤
	احتمال تغییر کاربری اولیه*	۲/۱۷	۰/۹۸	۷/۱۷	۲/۲۲	۱۲/٥٤	–
	احتمال عدم تغیر کاربری اولیه *	۳/۳۲	۱/۷	٦٦/٥۹	۱٥/۸٥	۸۷/٤٦	–
	نسبت خروجی کاربری به کل خروجی‌ها	۱۷/۳	۷/۸۱	٥۷/۱۸	۱۷/۷	–	۱۰۰

منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای

۳-۳- پیش‌بینی کلاس‌های کاربری در سال ۱٤۰٤

با بررسی تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی محـدوده شـهر بیرجنـد کـه شـامل کاربری‌هـای محـدوده ساخته‌شده، باغات و کشاورزی، مراتع و اراضی بایر است؛ برای ارزیابی و شبیه‌سازی آینده محدوده از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. زنجیره مارکوف تغییرات کاربری زمـین را از یک دوره بـه دوره دیگـر بیــان کــرده و از آن به‌عنوان پایه‌ای برای نقشه سازی تغییرات آینده استفاده می‌کند. در اینجا با در نظر گرفتن مساحت انتقال‌یافته بین بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹٦ و مدل زنجیره مارکوف، مساحت ٤ طبقه پوشش زمین در کاربری‌های موردنظر در سال ۱٤۰٤

ارزیابی و شبیه‌سازی شد، که در قالب شکل شماره ٦ قابل مشاهده است. نمایش داده‌شده است. جدول ٦ نیز وسعت کاربری‌ها در سال ١٣٩٦ و پیش‌بینی تغییرات آن‌ها در سال ١٤٠٤ را نشان می‌دهد. بر این اساس، بیش‌ترین تغییرات مربوط به کاربری محدوده ساخته‌شده می‌باشد به‌طوری که اگر همین روند تغییرات تداوم داشته باشد، مساحت محدوده ساخته شده از ٤٠٥٢ هکتار در سال ١٣٩٦ به ٤٧٤٧ هکتار در سال ١٤٠٤ خواهد رسید؛ یعنی مساحت آن ١/١٧ برابر خواهد شد (رشد ١٧/١٣ درصدی). مساحت و سهم کاربری باغات و کشاورزی نیز در افق طرح رشدی مثبت خواهد داشت و ١/٠٩ برابر خواهد شد (رشد ٩/٠٨ درصدی). در مقابل مساحت دو کاربری اراضی بایر و مراتع کاهش خواهد یافت به‌طوری که مساحت اراضی بایر از ٣٦٣٦١ هکتار به ٣٥٧٠٤ هکتار و سهم آن در محدوده مورد مطالعه از ٧١/٠٤ درصد به ٦٩/٧٦ درصد تنزل می‌یابد (رشد ١/٨١- درصد) و مساحت مراتع از ٩٠١٤ هکتار به ٨٨٠٥ هکتار کاهش می‌یابد (رشد ٢/٣٢- درصد) یعنی حدود ٢٠٩ هکتار از اراضی مرتعی به کاربری‌های دیگر تغییر می‌یابد که رقم قابل توجهی است و با توجه به پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی تخریب مراتع نیازمند جدیت بیشتر در مهار بیابان‌زایی و تغییر کاربری مراتع است.



شکل ٦- پیش‌بینی وضعیت پوشش زمین در محدوده مورد مطالعه سال ١٤٠٤

جدول ٦- پیش‌بینی وسعت پوشش زمین محدوده مورد مطالعه برای سال ١٤٠٤

نوع پوشش/کاربری	١٣٩٦		١٤٠٤		نسبت مساحت ١٤٠٤ به ١٣٩٦	میزان تغییر (درصد)*
	مساحت (هکتار)	نسبت کاربری به کل مساحت محدوده (درصد)	مساحت (هکتار)	نسبت کاربری به کل مساحت محدوده(درصد		
محدوده ساخته‌شده	٤٠٥٢/٩٧	٧/٩٢	٤٧٤٧/٤١	٩/٢٨	١/١٧	١٧/١٣
باغات و کشاورزی	١٧٥٤/١٩	٣/٤٣	١٩٢٦/٠٩	٣/٧٦	١/٠٩	٩/٨
اراضی بایر	٣٦٣٦١/٦٢	٧١/٠٤	٣٥٧٠٤/٣٥	٦٩/٧٦	٠/٩٨	-١/٨١
مراتع	٩٠١٤/٣١	١٧/٦١	٨٨٠٥/٢٤	١٧/٢	٠/٩٧	-٢/٣٢
کل	٥١١٨٣/٠٩	١٠٠	٥١١٨٣/٠٩	١٠٠	-	-

*میزان تغییر کل دوره است و رشد سالانه مد نظر نیست.

٤- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در دوره زمانی ١٣٧٩ تا ١٣٩٦ تغییرات کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده ساخته‌شده، زمین‌های بایر و مراتع بررسی شد. برای ارزیابی این تغییرات از روش طبقه‌بندی شیءگرا در نرم‌افزار Ecogonation و برای ارزیابی و شبیه‌سازی آینده از روش زنجیره مارکوف استفاده گردید. با استفاده از مدل زنجیره مارکوف الگوی تغییرات کاربری اراضی برای سال ١٤٠٤ پیش‌بینی و مدل‌سازی گردید. این مدل شامل سه مرحله :١- محاسبه احتمالات تبدیل با استفاده از آنالیز زنجیره مارکوف ٢- محاسبه نقشه‌های شایستگی پوشش و کاربری زمین بر اساس ارزیابی چندمعیاره ٣- اختصاص مکانی پوشش کاربری زمین بر اساس عملگر مکانی CA است. این مدل بر اساس تغییرات صورت گرفته در سال‌های گذشته به محاسبه احتمال تغییرات در آینده و تخصیص مکانی این تغییرات می‌پردازد و صرفاً روند کلی تغییرات را در نظر نمی‌گیرد بلکه روند تمامی سال‌ها را در نظر می‌گیرد. در روش زنجیره مارکوف از کلاس‌های تعیین‌شده و مقدار وسعتی که از هر کاربری به کاربری دیگر در بازه زمانی ١٣٧٩ تا ١٣٩٦ تبدیل‌شده است به‌عنوان حالت‌های زنجیره استفاده شد. بر اساس مدل زنجیره مارکوف طی سال‌های ١٣٧٩ تا ١٣٨٩ و ١٣٩٦ مساحت محدوده ساخته‌شده، کشاورزی و باغات افزایش‌یافته است و از مساحت اراضی بایر و مراتع کاسته شده است. تغییرات مساحت کاربری‌ها در سال ١٤٠٤ نسبت به ١٣٩٦ نیز به همین صورت است، به‌طوری‌که باغات و زمین‌های کشاورزی (١/٠٩ برابر)، محدوده‌های ساخته‌شده (١/١٧ برابر) اراضی بایر (٠/٩٨ برابر)، مراتع (٠/٩٧ برابر) خواهد شد.

در کل این الگوی تغییر کاربری، بیانگر افزایش دخالت‌های انسانی و غلبه چشم‌اندازهای انسانی (سکونتگاه‌ها، باغات و اراضی کشاورزی) بر محیط طبیعی (مخصوصاً مراتع) است. در این بین کاهش اراضی مرتعی با توجه به

تبعات مختلف زیست‌محیطی ناشی از بین رفتن پوشش گیاهی مثل افزایش ریزگردها، افزایش احتمال سیلاب، کاهش نفوذپذیری آب به سفره‌های زیر زمینی و...) و نیز پیامدهای اقتصادی- اجتماعی مثل آسیب به بخش‌های دامداری و کشاورزی، بیکاری و مهاجرت را به همراه خواهد داشت؛ از اهمیت بیشتری برخوردار است. نکته بعدی که از مقایسه نقشه‌ها قابل درک است، توسعه و رشد فیزیکی پراکنده سکونتگاه‌هاست که بخشی از اراضی مرتعی و حتی کشاورزی و باغات را به زیر ساخت و ساز می‌برد و از آنها می‌کاهد. نکته مهم دیگر این است که علی‌رغم افزایش مساحت باغات و اراضی کشاورزی، درصد قابل توجهی از تغییر کاربری‌ها، مربوط به این کاربری مهم است به‌طوری که در دوره ۱۳۸۹-۱۳۷۹ حدود ۸٫۹۲ درصد و در دوره ۱۳۹٦-۱۳۸۹ حدود ۷٫۸۱ درصد از تغییر کاربری‌ها به کاربری دیگر مربوط به این کاربری است. در کل باید با یک نگرش سیستمی به منطقه مورد مطالعه با در نظرگرفتن ابعاد شهری- روستایی، زیست‌محیطی و اقتصادی- اجتماعی در برنامه‌ریزی‌ها، تلاش شود روند نابهنجار تغییر کاربری‌ها کنترل شود. به‌طوری که از دست‌اندازی به زمین‌های مرغوب کشاورزی، باغات و مراتع کاسته شود. یکی از مهم‌ترین اقدامات در این زمینه می‌تواند پیروی از الگوی رشد فشرده و درونزای شهری با محوریت استفاده از اراضی بایر درون‌شهری و بافت‌های فرسوده باشد.

کتابنامه

ارخی، صالح؛ ۱۳۹٤، آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیءگرای تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Idrisi selvi مطالعه موردی: منطقه آبدانان. *فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، شماره ۲٤، صفحه ۱۲-۱.

خلاقی، سام؛ ۱۳۸۵. پایش تغییرات خط ساحل دریای خزر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تبریز.

رضویان، محمدتقی؛ ۱۳۸۱. برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری. نشر منشی. تهران.

شریفی، لیلا؛ رسولی، علی اکبر؛ حجازی، میر اسدا...؛ رستم زاده، هاشم؛ ۱۳۹۱. آشکارسازی تغییرات کاربری/پوشش اراضی با پردازش شئ‌گرای تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان تبریز). *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی.* مقاله ۱۰. دوره ۱۷. شماره ٤٤. تابستان ۱۳۹۲. صفحه ۲۰۳-۲۱٤.

شنانی هویزه، سیده مائده؛ زراعی، حیدر؛ ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز.* سال هفتم، شماره ۱٤، صفحه ۲٤٤-۲۳۷.

علوی پناه، سید کاظم؛۱۳۸٤. کاربرد سنجش‌ازدور در علوم زمین. تهران: *انتشارات دانشگاه تهران.*

غفاری، صدیقه؛ مرادی، حمید رضا؛ رضا، مدرس؛ ۱۳۹۷. مقایسه روش‌های طبقه بندی پیکسل پایه و شیءگرا در تهیهٔ نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: دشت‌های اصفهان- برخوار، نجف آباد و چادگان). *فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی.* ۹(۱). ٤۰-۵۷.

فیضی زاده، بختیار و حاجی میر رحیمی، سید محمود؛ ۱۳۸۷. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیءگرا (مطالعه موردی: شهرک اندیشه). *همایش ژئوماتیک ۸۷*، تهران: سازمان نقشه‌برداری کشور، صفحه ۱۰-۱.

فیضی زاده، بختیار و حاجی میر رحیمی، سید محمود؛ ۱۳۸٦. آشکارسازی تغییرات فضای سبز شهر تبریز با استفاده از روش‌های شیءگرا. *اولین همایش GIS شهری*. دانشگاه شمال، صفحه ۱۰-۱.

فیضی زاده، بختیار؛ ۱۳۸٦. مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شیءگرا در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه تبریز.

فیضی زاده، بختیار، جعفری، فیروز و نظم فر، حسین؛ ۱۳۸۷. کاربرد داده های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی شهری (مطالعه موردی فضای سبز شهر تبریز). *نشریه هنرهای زیبا*. تابستان ۱۳۸۷. شماره ۳٤ صفحه ۱۷-۲٤

قادرمزی، حامد؛ ۱۳۸۳. نقش روستا شهرها در توسعه روستاهای پیرامونی؛ مطالعه موردی روستا شهر دهگلان. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی. دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

محرمی میثم، رسولی علی اکبر، رستم زاده هاشم؛ ۱۳۹۵. مدل‌سازی تاثیرات پس‌روی دریاچه ارومیه بر روستاهای ساحل شرقی دریاچه ارومیه با پردازش شیءگرای تصاویر ماهواره‌ای. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، سال سوم، شماره ۳، صفحه ۸۱-۹۸

موسوی، سید حجت؛ رنجبر، ابوالفضل، حاصلی، مهدی؛ ۱۳۹۵. پایش و روند یابی تغییرات کاربری اراضی حوضه ابرکوه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۲۰۱٤ – ۱۹۷٦. *فصلنامه اطلاعات جغرافیایی سپهر*. شماره ۲۵ صفحه ۱٤٦-۱۲۹.

Addae, Bright & Oppelt, Natascha., 2019. Land-Use/Land-Cover Change Analysis and Urban Growth Modelling in the Greater Accra Metropolitan Area (GAMA), Ghana. Urban Science. 3. 26.

Aithal,Bharath.,Chandan M C, Nimish G.,2019. Assessing land surface temperature and land use change through spatio-temporal analysis: a case study of select major cities of India. *Arabian Journal of Geosciences*. 12(11):367.

Bagan ,Hasi and Yamagata, Yoshiki.,2014. Land-cover change analysis in 50 global cities by using a combination of Landsat data and analysis of grid cells. Environmental Research Letters, Volume 9, Number 6.

Blaschke, Thomas.,2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 65(1), 2-16.

Cahya, D L., Martini, E., and K M Kasikoen.,2018. Urbanization and Land Use Changes in Peri-Urban Area using Spatial Analysis Methods (Case Study: Ciawi Urban Areas, Bogor Regency). IOP *Conf. Ser.: Earth Environ*. Sci. 123 012035. https://doi.org/10.1088/1755-1315/123/1/012035.

Chen, G., Hay, G. J., Carvalho, L. M., & Wulder, M. A.,2012. Object-based change detection. *International Journal of Remote Sensing*, 33(14), 4434-4457.

Desclée, B., Bogaert, P., & Defourny, P., 2006. Forest change detection by statistical object-based method. *Remote Sensing of Environment*, 102(1), 1-11.

Escolano, Javier. & Navarro-Pedreño, Jose & Gómez Lucas, Ignacio & Almendro-Candel, M. & Zorpas, Antonis., 2018. Decreased Organic Carbon Associated With Land Management in Mediterranean Environments. 10.1016/B978-0-12-812128-3.00001-X.

Fan, Fenglei, Wang, Yunpeng, and Wang, Zhishi,.2008.Temporal and spatial change,detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl pp: 127-147.

FAO., 1993. Guidelines for Land Use Planning, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Im, J., Jensen, J. R., & Tullis, J. A.,2008. Object-based change detection using correlation image analysis and image segmentation. *International Journal of Remote Sensing*, 29(2), 399-423.

Patraa, Suman, Satiprasad, Sahoo.,, PulakMishra,Subhash., Chandra, Mahapatra.,2018. Impacts of urbanization on land use /cover changes and its probable implications on local climate and groundwater level. Journal of Urban Management. Volume 7, Issue 2, September 2018, Pages 70-84.

Paul, Bimal, 2017.Chapter Six - Land Use Change and Coastal Management. in Bimal Kanti Paul and Harun Rashid(2017). Climatic Hazards in Coastal Bangladesh Butterworth-Heinemann,.Pages 183-207.

Razafindrakoto, Mieja & Andriamananjara, Andry & Razafimbelo, Tantely & Hewson, Jennifer & Andrisoa, Riana & Jones, Julia & van Meerveld, Ilja & Cameron, Alison & Ranaivoson, Ntsoa & Ramifehiarivo, Nandrianina & Ramboatiana, Nantenaina & Razafinarivo, Ravo & Ramananantoandro, Tahiana & Rasolohery, Andriambolantsoa & Razafimanantsoa, Marie & Jourdan, Christophe & Saint-Andre, Laurent & Rajoelison, Gabrielle & Razakamanarivo, Herintsitohaina, 2017. Organic Carbon Stocks in All Pools Following Land Cover Change in Rainforest of Madagascar. *Soil Management and Climate Change.25-37.*

Stürck, J., Levers, C., van der Zanden, E. H., Schulp, C. J. E., Verkerk, P. J., Kuemmerle, T., ... & Schrammeijer, E.,2018. Simulating and delineating future land change trajectories across Europe. *Regional Environmental Change*, 18(3), 733-749..

www.grida.no/climate/ipcc/land_use/045.htm

Yu, W., Zhou, W., Qian, Y., & Yan, J.,2016. A new approach for land cover classification and change analysis: Integrating backdating and an object-based method. *Remote Sensing of Environment*, *177*, 37-47.